

# 새 文明을 만들어 내는 이 新素材

—不可能을 可能케 하는 36개의 超素材—

## (5) 수소에너지 실용화의 강한 작용

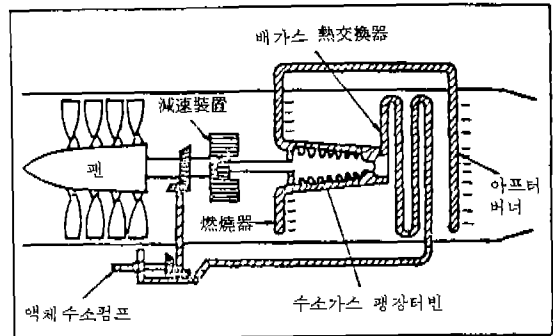
### 수소흡장합금 (水素吸藏合金)

열료란 그 연료가 지니고 있는 에너지를 연소 즉 화학반응(酸化)에 의해 화학에너지→열에너지의 형태로 꺼내기 위한 것이다. 특히 가솔린은 에너지밀도가 높으며, 1kg당 6000W/시나 되는데 이 가솔린 이상의 고에너지 밀도 연료로서 수소가 있다. 1kg당 3배인 1만8000W/시이다. 그러므로 스테이스셔들과 같은 연료의 케이로드(荷重)코스트가 높은 경우는 수소연료를 주체로 하고 있다.

이와같이 고에너지 밀도의 수소를 열료로 사용하면 연료적재량은 3분의 1로 줄어드나 우주로켓 이외에는 아직 사용하지 않고 있으나 현재는 서서히 뜻을 달리하고 있는 단계에 있다.

미국항공기 메이커인 마그다벨·더그러스사는 수소항공기를 시험으로 진행시키고 있다. 재래의 제트엔진을 일부 개조하는 정도로 수소연료를 이용하여, 연료적재량의 경감을 도모하고 있다. 항공기는 마치 연료를 운반하는 것 같은 것이다라고 말할 정도로 연료하중이 크므로 그것을 3분의 1로 줄일 수만 있다면 큰 개혁이 되는 것이다. 그리고 이 수소연료를 액화수소의 형태로 적재하므로 그 마이너스 253℃의 극저온을 순환시키면 비행시에 주익(主翼)과 공기와 마찰에 의해 생기는 고온에 대해서도 냉각효과를 발휘할 수 있는 그중의 장점이 있다는 것이다(그림15'참조).

레이전대통령이 발표한 워싱턴·도쿄간을 2시간



(그림-15)

으로 연결하는 「신 오리엔트 급행」의 T·A·V(대기권의 비행체)도 수소연료를 사용 계획이다.

이러한 수소엔진의 구상은 그대로 자동차에도 적용할 수 없는 것은 아니다.

수소는 고에너지 밀도로 또한 연소후는 수증기가 되어 유해한 유화물(硫化物)등을 배출하지 않으므로 크린에너지이며, 미래에너지로서 크게 기대되고 있다.

그러나 아직도 그 실용화가 늦어지고 있는 것은 첫째로 수소를 경제적으로 생산하는 방법이 확립되어 있지 않다는 것, 둘째로 그 저장운반이 가솔린처럼 쉽지 않다는 점이다.

전자에 대해서는 현재 수전해(水電解)와 석유배가스로부터의 추출이 실시되어 이미 전자공업등에 이용되고 있으나 가격적으로는 연료로서 불합격으로서 장차 아몰파스태양전지에 의한 수전해 혹은 다목적 고온가스로(爐)에 의한 열수분해(熱水分解)등

의 저코스트 생산에 기대할 수밖에 없다. 후자에 있어서는 액화수소, 100기압 이상의 가스Bombe가 주류로 되어 있으나 마이너스 253도/C의 극저온을 키이프하는 데는 액화압축설비, 단열용기등의 당한 설비가 되어 대형항공기는 채용이 가능하다고 할지라도 대중차 같은 자동차에는 무리할 것이다. 또 가스Bombe방식도 위험이 따른다.

따라서 이 두가지의 조건이 구비되지 않는한 수소 에너지시대는 오지 않는다고 해도 좋을 것이다.

수소의 경제적 생산에 대한 기술은 미확립중이나 수소의 저장 수송에 있어서 적합한 신소재가 출현했다. 그것은 수소흡장금속(水素吸藏金屬)이다. 철, 티탄, 란탄, 니켈에는 저온시에 있어서 수소를 흡수하여 그대로 저장한다는 특성이 있다. 그리고 고온이 되면 흡장한 수소를 토해 낸다. 말하자면 수소Bombe와 같은 기능을 갖는다. 더우기 그 저장능력은 Bombe 환산으로 1500~1800기압과 수소Bombe의 수배가 된다는 훌륭한 점이 있다(표3 참조).

수소에는 가연성이 있으므로 쇠통에서 누설했을 경우, 폭발사고의 위험이 없지 않다. 따라서 반도체공장과 같은 관리가 철저한 장소에서의 이용은 안전하다 하겠으나 대중적인 자동차 등에 이용하는데

는 가솔린에 비교하여 너무나도 위험이 많으며 방호대책을 충분히 한다면 기밀구조가 되므로 그 자동차는 매우 값비싼 것이 되고 만다.

그러나 이 수소흡장 금속은 수소원자가 금속원자 사이에 들어가 금속수소화물이 되므로 절대로 새지 않는다. 즉 안전한 용기라고 할 수 있다. 또 흡장되어 있는 수소를 토해 내게 하는 데는 어느 온도 이상으로 따뜻하게 하면 된다. 이것은 금속수소화물에 있어서 금속과 수소의 결합이 강하지 않으므로 가열하면 간단히 열분해 하기 위한 것이나 그 온도에 따라 토출압력(吐出壓力)이 달라진다.

예로 란탄·니켈은 상온에서 1기압의 수소를 흡수 100℃에서는 10기압, 150℃에서는 15기압을 토출한다는 식이 된다. 이것은 일종의 콤프레서로 생각할 수밖에 없다.

최근 일본공업기술원 기계기술연구소와 화학기술연구소에서 공동시작한 수소자동차의 실험차는 전장 약 4.7m, 폭 1.7m, 높이 1.9m, 총중량 약 2.5톤의 6인승 원복스차.

수소를 저장하는 수소흡장금속은 입상(粒狀) 란탄·니켈·알루미늄합금으로 외경 32cm, 길이 2.1m의 스텐레스제 탱크에 충전되었다. 그 사용량은 약 840

〈표-3〉 각종금속수소화물의 수소밀도와 수소함유율

貯藏媒体	水素密度 ( $10^{21}$ Hatoms/cm <sup>3</sup> )	水素含有率 (wt%)	
H : 수소	표준상태의 수소가스	$5.4 \times 10^{-8}$	100.0
Mg : 마그네슘	液体水素 (20K)	4.2	100.0
U : 우라늄	固体水素 (4K)	5.3	100.0
Ti : 티탄	MgH <sub>2</sub>	6.6	7.6
V : 바나듐	UH <sub>3</sub>	8.3	1.3
Zr : 질코늄	TiH <sub>2</sub>	9.1	4.0
La : 란탄	VH <sub>2</sub>	10.5	3.8
N : 요소	ZrH <sub>2</sub>	7.3	2.2
Fe : 철	LaH <sub>3</sub>	6.9	2.1
Ni : 니켈	Mg <sub>2</sub> NH <sub>4</sub>	5.6	3.6
Mn : 망간	TiFeH <sub>1.5</sub>	5.7	1.8
Al : 알루미늄	LaNi <sub>5</sub> H <sub>6.5</sub>	6.2	1.4
Mm : 미슈메탈	MmNi <sub>5</sub> H <sub>6.5</sub>	5.7	1.4
	MmNi <sub>4.5</sub> Mn <sub>0.5</sub> H <sub>6.5</sub>	6.1	1.5
	MmNi <sub>4.5</sub> Al <sub>0.5</sub> H <sub>6.5</sub>	4.8	1.2
	수소볼배 (150기압)	0.8	1.2*

\* 볼배 (47ℓ의 중량에 대해, 중량퍼센트)

kg로 수소가스를 약 80입방m 스투할 수 있다. 또 탱크내에는 수소흡장금속이 수소가스를 흡장·방출할 때의 열교환기(열 전도면적 약 20입방m)를 구비하고 있다.

탑재하고 있는 수소엔진은 배기량 2000cc, 4기통엔진으로서 저부하시의 흡입공기에 수소가스를 첨가할 수 있는 장치를 부착, 수소가스의 실린더내 직접분사의 병용을 가능하게 하고 있다. 단, 고부하시의 실린더내 직접분사 만으로 행한다.

수소흡장 금속은 가열되면 수소가스를 방출하는 것이나 그 가열방법으로서 배기가스로 물을 데우며 간접적으로 가열하는 방법이 채용되고 있다.

또 수소와 공기를 각각 다른 밸브로 부터 실린더내에 공급하고 저압의 수소가스를 압축공정에서 완만하게 분사함으로써 이상연소를 방지토록 하고 있다.

최근의 Demonstration 실험에서는 최대회전수 4500rpm, 최대 출력 60HP, 최대열효율은 가솔린차와 동등이상의 35%에 달했으며, 시속 100K의 스피드를 낼 수 있고 1회의 수소가스 충전으로 200K 이상의 주행이 가능했다는 것이다.

또 최근, 수소흡장금속을 이용한 히트펌프가 개발되어 가고 있다.

이것은 수소흡장금속의  
수소흡장 ⇌ 수소방출

|| ||  
방열      흡열

을 이용하는 것으로서 흡장·방출온도의 다른 복수 종류의 수소흡장금속 용기 사이에서 수소를 교환시키면서 흡열·방열을 반복케 하여 냉난방을 행하도록 하는 것이다.

## (6) 절대로 벗겨지지 않는 鍍金

### 이온·도핑금속

고급 백등에는 금색이 찬연한 금구가 붙어 있다. 그러나 몇년이나 사용하다 보면, 금색이 닳아 보기 싫은 바탕을 노출시킨다. 이것은 지금표면(地金表面)에 수미크롬의 두께로 금메키를 하고 있는데 땀 등이 함유된 산이나 알카리에 의해 용해하기 때문이다. 그러나 수10미크롬이나 두텁게 도금한 것은 그렇게 쉽사리 닳아지거나 벗겨지지 않는다. 그 대신 메키코스트가 비싸다.

이러한 고민을 해결하기 위해 새로운 표면가공기술이 개발되어 가고 있다. 이온·도핑(이온注入)의 기술은 그 중의 하나이다.

Ion이란 전리한 원자핵 혹은 분자로서 전자를 한 개이상 잃었거나 한개이상 여분으로 붙었기 때문에 전기적 중성(中性)이 깨어져 실전하(實電荷)된 입자(粒子)로서 이 이온을 빔화하여 소재의 표면에 세

차게 뿌려 이온 원자를 표면의 얇은 부분에 주입하는 것이 이온·도핑이다. 원래 이온·도핑은 LSI를 제조할 때, 실리콘칩 위에 린(磷) 붕소(硼素)등을 도핑하여 n층, p층을 형성하는데 이용되어 왔지만 한편 이때까지의 도금등의 코팅법이 모재(母材)의 표면에 다른 종류의 재료를 퇴적시키는데 불과했지만 모재원자 속에 이종재료(異種材料)의 원자를 수 10 내지 수백KV로 박아 넣어 그 표면에 안정된 조성층을 만들어내는 점에 특징이 있다.

이 구조를 금속에 응용하면 철의 표층에 니켈·크롬을 도핑하면 그 표층은 철·니켈·크롬의 합금인 스텐레스가 되고 만다. 말하자면 이온·도핑에 의해 합금층을 형성할 수 있는 것이다. 또 벗겨지기 쉬운 금도금 대신에 이 방법에 의해 금이온을 주입하여 18금, 14금의 표층을 형성하기도 하여 값이 싼 재료를 고부가가치 재료로 변신시킬 수도 있다.

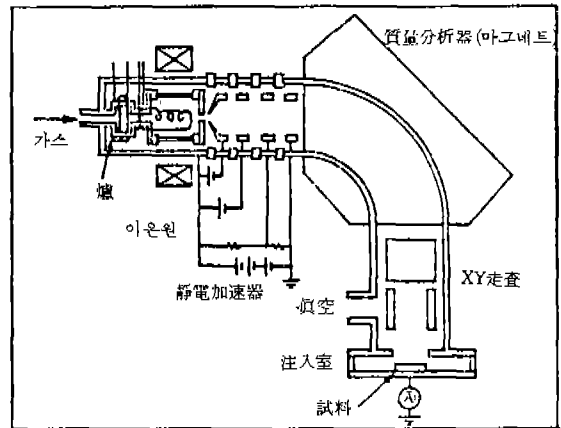
이온주입법은 진공속에 첨가하고 싶은 원소를 이온화하여 정전계(靜電界)에 의해 Beam화하여 대상물질 표면에 박아 넣는다. 이 방법은 고순도원소(高純度元素)를, 소망하는 길이와 소망하는 양만을 정확하게 첨가할 수 있는 특징이 있다. 단지 같은 이온·도핑이라 할지라도 반도체에 주입하는 경우에 비해 금속에 대한 것은 크게 달라진다. 그것은 반도체에의 이온 주입량이 최대농도에서도 1% 이하인데 비해 금속에의 주입량은 10~100%나 된다. 예로 18금을 얻는데는 모재금속(은·동등) 표층에 금을 75%나 주입하지 않으면 안된다. 이때까지 LSI제조에 실용화되고 있는 이온·도핑장치는 1평방cm당 수마이크로암페어(마이크로는 100만분의 1)의 전류밀도만 낼 수 있으므로 반도체 속에 1평방cm당 10개의 원자를 도핑하는데 3분이 소요되고 있다. 이것으로서는 충분하지 못하므로 대출력의 이온·도핑장치의 개발이 포인트가 되었다.

현재 이화학연구소와 히다찌제작소에서 공동으로 이 개발에 착수하고 있으며 최근에는 최대전압 2000KV, 1평방cm당 10밀리암페어의 전류밀도를 실현할 수 있게 되어 최대조사면적도 직경 20cm까지 수 10분으로 가능하게 되었다. 또 이온·도핑에 의한 도핑재질은 크롬, 티탄, 알루미늄, 니켈, 동과 44원소까지 범위를 확대해 가고 있다.

양자가 개발한 이온주입법은 이온원(源), 정전가속기(靜電加速器), 질량분리기(質量分離器), Beam주사기(走査器)주입실 및 진공배기시스템등으로 이루어지고 있다. 이온원은 주입하는 원소를 이온화하는 것으로서 고주파방전형(高周波放電型) 저압아크방전형이 이용된다. 이 이온원에서 발생한 이온을 정전가속기로 가속하면서 날리고 질량 분리기로 목적으로 하는 이온종(種)만을 선택하여 대상시료에 조사(照射) 한다. Beam주사기는 주입을 균일화하기 위해 이온·Beam을 흔들면서 조사한다 (그림 16 참조).

이화학연구소의 이온주입기술에 대한 최근의 연구개발에는 다음과 같은 것이 있다.

① SUS 308(308 스테레스강)에의 티탄이온주입  
철강재료에 티탄이온을 주입하면 탄소의 이상한



(그림 - 16)

침입을 일으켜, 고내식성(高耐食性), 고마모성(高摩耗性)을 나타낸다는 것으로 알려지고 있다. 이때까지는 탄소의 이상침입에 의해 탄화(炭化) 티탄이 형성되는 것으로 보아 왔으나, 동 연구소에서는 티탄주입중에 침입하는 탄소는 티탄과 결합되지 않고 오히려 철과 결합하고 있음을 발견했다. 이 연구는 코딩해도 석출물이 나와 표층의 개량에 기여한다.

② 2중이온주입에 의한 철표면의 착색화(着色化) Ceramics化, 이것은 鐵에 Titan, Chrome 등의 금속 이온을 주입후, 재차, 철에 산소, 질소, 탄소 등의 비금속이온을 주입하는 2중이온주입법을 이용하여 전기화학적처리를 함으로써 철표면을 진한 청과 갈색으로 착색하는 것인데 종래의 도금법과는 달리 기관(基板)에의 착색립자(着色粒子)의 주입에 의한 것이니, 계면(界面)이 없으며 메키와 같이 박리(剝離)하지 않는 장점을 나타낸다.

착색은 주입 ion 중, 가속에너지 주입량으로 제어할 수 있다. 또 Titan이나 Chrome을 주입한 철에 2중ion주입으로 산소를 주입함으로써 주입층 전역에 걸쳐서 산화Chrome나 산화Titan의 Ceramics매입층을 형성할 수가 있다.

이것은 세계 최초의 성공으로 철의 표면을 Ceramics化라는 꿈의 재료의 가능성을 시사한다.

③ 알루미늄의 발광재료화(發光材料化)

알루미늄판에 Eurobeam와 같은 희토류원소(希土類元素)를 주입하여, 이를 전해액(電解液) 중에서

(17페이지로 계속)

음은 매우 고무적인 現象이 아닐 수 없다.

그러나 技術開發投資가 늘어난다고 해서 企業의 研究開發이 活性化된다고는 볼 수가 없다. 즉 投資에 의한 研究施設이나 研究開發人력이 늘어나는 것만으로는 技術開發所期の 目的을 達成할 수는 없다 이러한 投資와 더불어 經營者의 研究開發에 對한 義務感 있는 信念과 研究開發從事者의 使命感, 國家的 次元에서 政府의 폭넓은 지원등이 혼연일체가 되어야만 企業은 企業대로 政府는 政府대로 所期の 目的을 達成할 수 있을 것이며, 이러한 例는 日本, 美國, 西獨等 先進技術國에서 쉽게 찾아볼 수 있다.

現在 우리나라는 政府와 企業이 一體가 되어 輸出에 總力을 기울이고 있다. 이 努力에 힘입어 작년에는 유례없던 貿易黑字를 기록하였으며 87年 올해도 더욱 많은 輸出目標을 잡고 있다. 이에 企業도 많은 投資를 하고 있으나 거의 대부분 生産을 위한 投資, 곧 바로 상품화가 可能한 研究開發에 集中하고 있다.

일각에서는 基礎 및 部品, 素材의 國產化가 重要한 課題라는 것이 인식되어 部品國產化를 위한 努力이 시작된 곳도 있으나 아직은 미미하다고 생각되어 진다.

칼라TV85%, VTR 75%, 개인용 컴퓨터 49%等 많은 製品의 國產化率이 상당히 높아지고는 있으나 國產化된 部品를 보면 基礎素材를 輸入해서 加工하는 것이 대부분이므로 실국산화율은 더 낮게 잡아야 할 것이다.

이와같은 不合理를 없애기 위해, 앞으로 企業은 Project를 遂行함에 있어서 完製品만을 대상으로 하기보다는 基礎研究 部品 및 素材開發, 生産技術의 研究에 더욱 적극적인 努力을 기울여야 할 것이다.

이렇게 되기 위해서는 政府는 汎國家的인 기반조성마련에 政策的인 配慮를 아끼지 말아야 하고 企業은 最高經營者의 長期的인 眼力에 의한 變함없는 投資가 있어야만이 達成되리라 보여진다.

好況, 不況은 거의 일정한 사이클로 반복되어 진다. 不況期에는 다가올 好況期을 대비하고, 好況期에는 다시 不況期을 대비하는 姿勢가 企業經營의 重要한 戰略이라고 볼 때 이러한 대비자세에서의 研究開發은 環境에 흔들림이 없이 依然하고도 꾸준하게 지속될 수 있도록 環境을 만들어 주고 研究開發 從事者들로 하여금 使命感을 불러 일으키는 풍토를 造成하여야 할 것이다. \*

(63페이지에서 계속)

양극산화(陽極酸化)를 행하면 산화피막형성시(酸化皮膜形成時)에 피막층을 흐르는 ion전류가 Eurobeam ion을 여기하여 발광(發光)한다. 현재는 수용액(水溶液)중의 발광인 것이나 어떠한 방법으로 드라이 상태에서 발광할 수 있다면 새로운 Display 소자가 될 수 있다.

④ 초전도재료의 임계온도(臨界溫度)의 향상  
Niob의 임계온도(초전도현상을 표시하는 상한온

도)는 9 K이나 Niob에 질소(窒素)를 ion 주입하여 질화Niob층을 형성하면 12K로 향상할 수가 있었다.

이외에 다이아몬드에 크롬을 주입함으로써 도전성(導電性)을 향상시키거나 유기물, 고분자에 이온주입을 함으로써 주입층만을 도전화(導電化)하는 시도도 진행중에 있다. 예로 폴리아미드 필름에 Argon 질소를 이온주입함으로써 전기전도도를 100자리나 향상시킬 수 있다. \*